VERIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO SIMULADA PELO MODELO REGCM3 NO ESTADO DE SÃO PAULO

Maria Elisa Siqueira SILVA 1
Rosimeri Porfírio da ROCHA 2

RESUMO

A utilização de modelos matemáticos na elaboração da previsão climática requer sua validação, permitindo assim que análises e suposições sejam feitas dentro de um conjunto de situações referenciais. Neste trabalho são mostrados os resultados referentes à verificação entre a precipitação mensal simulada pelo modelo regional RegCM3 e os dados observados no Estado de São Paulo pela rede pluviométrica do Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo - DAEE. O RegCM3 é um modelo compressível, em diferenças finitas, hidrostático e em coordenada vertical sigma. Para integração temporal utiliza-se um esquema split-explicit e inclui um algoritmo para reduzir a difusão horizontal na presença de intensos gradientes de topografia. As simulações analisadas enfocaram o verão austral, foram iniciadas em primeiro de novembro e prosseguiram até o último dia (e horário) de fevereiro do ano seguinte. Este período foi priorizado na tentativa de se identificar a variabilidade da estação chuvosa da região sudeste do Brasil. Foram simulados os anos de 1988 a 1997. O cálculo da correlação para cada mês separadamente permitiu identificar a existência de maior habilidade do modelo em simular a precipitação para meses específicos. Foi possível verificar que as regiões SW e SE apresentam os maiores coeficientes de correlação e que o mês de fevereiro é o melhor simulado pelo RegCM3. As simulações realizadas para os meses de novembro e janeiro mostraram uma tendência ao aumento da subestimativa para todo o estado, no decorrer do período analisado. Verificou-se que os menores erros ocorrem na região sul do estado, excetuando-se a faixa litorânea, que apresenta um aumento no valor do erro. Pode-se notar que, apesar da amplitude média do erro entre os valores simulados e observados ser alta em toda a faixa litorânea, o valor simulado varia entre 40% e 60% do valor observado, exceto para o litoral norte de SP. De forma geral, verificou-se que as simulações realizadas com o RegCM3 para o período de 1988 a 1997 apresentam boa concordância com os dados de precipitação coletados pela rede do DAEE. Numa análise temporal, o mês de fevereiro foi o que apresentou os menores erros e novembro, os maiores. Espacialmente, a região sul e leste do estado apresentaram os menores erros para o período completo, enquanto que os setores oeste e norte do estado apresentaram as maiores diferenças entre os valores simulados e os observados.

INTRODUÇÃO

A utilização de modelos atmosféricos com resolução espacial cada vez maior tem sido incentivada uma vez que os modelos de circulação geral (MCG) têm a capacidade de representar apenas a grande escala, ou seja, estão associados à representação do comportamento de sistemas com número de onda baixo. Simulam

[1] Universidade de São Paulo, Professora Doutora, elisasiq@usp.br
[2] Universidade de São Paulo, Professora Doutora, rprocha@usp.br

razoavelmente bem aspectos associados à baixa freqüência, mas falham em simular os aspectos atmosféricos de freqüências mais altas (Dolores Frias *et al*., 2005). Informações na escala regional e local são necessárias para a solução de questões relativas ao planejamento econômico social, além de prover informações pormenorizadas dos processos físicos envolvidos.

As avaliações das simulações obtidas por modelos regionais no Brasil têm enfocado principalmente a região tropical: região amazônica e região nordeste do Brasil. O enfoque da região amazônica deve-se à sua extensa área coberta por floresta tropical que indubitavelmente interfere em boa parte da circulação de grande escala devido à intensa liberação de calor latente e umidade nos processos de condensação do vapor d'água na atmosfera e de evapotranspiração da vegetação (Silva *et al*., 2005). A região Nordeste merece destaque devido à intensidade de suas características climáticas, sendo que grande parte da região é dominada pelo clima semi-árido, o que influencia sobremaneira a organização e o desenvolvimento das atividades sócio-econômicas nesta região.

A região Sudeste do Brasil é uma das regiões economicamente mais importantes do país. Contudo, a previsibilidade intrínseca da atmosférica nesta região é baixa, o que se deve à sua localização latitudinal, sofrendo influência tanto de sistemas dinâmicos de latitudes médias como de sistemas com características mais tropicais, como a convecção local. As escalas de desenvolvimentos destes sistemas são diferentes, portanto, o tratamento formal matemático para representá-los também é diferente. Considera-se desta forma que o estudo mais aprofundado de simulações climáticas em escala regional seja bastante importante.

Embora os modelos atmosféricos sejam suficientes, de forma geral, para bem simular o clima, no que se refere ao comportamento dinâmico da atmosfera em níveis altos, a precipitação observada em superfície, que influencia diretamente as condições da interface biosfera-atmosfera, muitas vezes, não é bem simulada pelos modelos matemáticos. Assim, é necessário se empregar esforços no sentido de melhorar a habilidade dos modelos utilizados, especialmente no que se refere ao aumento da previsibilidade da precipitação e da temperatura, aspectos que mais influenciam a geografia superficial da Terra.

O objetivo deste trabalho é realizar a verificação da simulação da precipitação mensal na região Sudeste do Brasil feita com o modelo regional RegCM3 (Giorgi *et al*. (1993 a,b), para o período de 1988 a 1997. Os dados observados utilizados nesta verificação são os obtidos da rede pluviométrica estadual do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). A seguir é feita uma breve descrição do modelo regional utilizado, o RegCM3, das estratégias empregadas na simulação e da metodologia empregada para a verificação dos resultados da simulação.

O MODELO RegCM3 E A REDE PLUVIOMÉTRICA

O modelo regional RegCM3 originou-se no *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) do *Mesoscale Model version 4* (MM4, Anthes *et al.*, 1987), como documentado em Giorgi *et al.* (1993a,b). O RegCM3 é um modelo compressível, em diferenças finitas, hidrostático e em coordenada vertical sigma. Para integração temporal utiliza-se um esquema *split-explicit* e inclui um algoritmo para reduzir a difusão horizontal na presença de intensos gradientes de topografia (Giorgi *et al.*, 1993a,b).

Para descrever os processos de interação solo-planta-atmosfera o RegCM3 está acoplado ao esquema *Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme* (BATS) (Dickinson *et al*., 1993). Este esquema considera a presença de vegetação e a interação com o solo nas trocas turbulentas de momento, energia e vapor d'água entre a superfície e a atmosfera. Atualmente, o esquema BATS possui uma camada de vegetação, uma de neve e três camadas de solo em diferentes profundidades: uma camada superficial com 10 cm de espessura, a zona de raízes (com espessura variável, de acordo com o tipo de vegetação) e uma camada de solo profundo (com 3 m de profundidade). Na presença de vegetação, a temperatura do ar no dossel e na folhagem do dossel é diagnosticada através de balanço de energia. O ciclo hidrológico é obtido através de equações de previsão do conteúdo de água nas três camadas de solo. Finalmente, os fluxos de calor, vapor d'água e momento na superfície são calculados em função dos coeficientes de arrasto obtidos da teoria da similaridade aplicada à camada superficial. Os transportes turbulentos de calor, momento e umidade na camada limite planetária (CLP) resultam do produto entre o gradiente vertical destas variáveis e o coeficiente de difusão vertical turbulenta (Holtslag *et al*., 1990).

Para a transferência radiativa o RegCM3 utiliza o mesmo esquema do CCM3 (*Community Climate Model 3*, Kiehl *et al*., 1996). Neste esquema são calculados separadamente as taxas de aquecimento e os fluxos na superfície, para a radiação solar e no infravermelho, sob condições de céu claro e nublado. As contribuições dos gases CO_2, H_2O, O_3 e nuvens estão incluídas nos cálculos de transferência radiativa na banda do infravermelho. Os efeitos do CO_2, H_2O, O_3 e O_2 são considerados para a radiação solar. O CCM3 inclui ainda os efeitos dos gases de efeito estufa (NO_2, CH_4, CFCs), aerossóis atmosféricos e gelo de nuvem.

Para o tratamento dos processos úmidos na atmosfera o RegCM3 considera dois esquemas diferentes: um para a convecção em cumulus profundo e outro para a precipitação que é resolvida na escala da grade. Atualmente, os esquemas de cumulus disponíveis no RegCM3 são: Grell (1993), Kuo (Anthes, 1977), Emanuell (1990) e Betts-Miller (1986). As simulações analisadas aqui utilizaram o esquema de Grell com o fechamento de Fritsch-Chappell (Elguindi *et al*., 2004).

O esquema na escala da grade, descrito em detalhes em Pal *et al*. (2004), possui apenas uma equação para previsão de água de nuvem que permite a formação de água de nuvem, advecção e mistura turbulenta, re-evaporação em condições sub-saturadas, acresção e conversão para precipitação através de um termo de auto-conversão. A água de nuvem prevista neste esquema é então diretamente utilizada nos cálculos de radiação.

Nas fronteiras laterais o RegCM3 utiliza um esquema de relaxação entre a previsão do modelo e os campos de fronteira (análises de observações ou previsões de modelos globais). Nas simulações analisadas utilizou-se a função exponencial para o processo de relaxação já que permite uma transição mais suave entre a previsão do modelo e os campos de fronteira, e isto tem um impacto positivo na simulação como um todo (Giorgi *et al*., 1993).

REDE PLUVIOMÉTRICA

Foi dada ênfase à verificação da precipitação, variável que apresenta baixa previsibilidade, dado o seu caráter cumulativo de todas as condições dinâmicas e termodinâmicas presentes na atmosfera. Os resultados do RegCM3 foram avaliados

com relação ao conjunto de dados coletados pela rede do DAEE. A rede pluviométrica do DAEE é composta atualmente por 1488 estações homogeneamente distribuídas pelo estado de São Paulo. Após análise de consistência dos dados, que permitiu eliminar dados espúrios, negativos e superiores a 500 milímetros diários e, valores mensais compostos com menos de 70% de valores diários válidos, foram retidos 1082 postos pluviométricos, tal como apresentado na Figura 1.

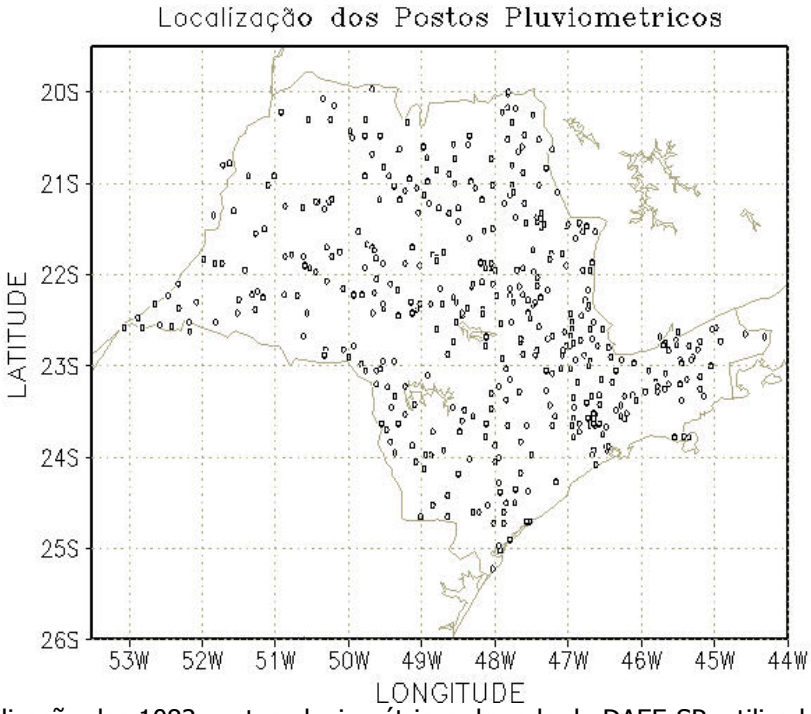

Figura 1. Localização dos 1082 postos pluviométricos da rede do DAEE-SP, utilizados nesta verificação.

SIMULAÇÕES NUMÉRICAS E INTERPOLAÇÃO

As simulações analisadas enfocam o verão austral, foram iniciadas em primeiro de novembro e prosseguiram até o último dia (e horário) de fevereiro do ano seguinte. Este período foi enfocado na tentativa de se identificar a variabilidade da estação chuvosa da região sudeste do Brasil. Foram simulados os anos de 1988 a 1997.

As fronteiras do modelo regional foram atualizadas durante as simulações numéricas com o conjunto de dados da reanálise do *National Center for Environmental Prediction*/*National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) (Kalnay, *et al*. 1996). Os dados da reanálise referem-se à altura geopotencial, temperatura, vento e umidade relativa em 17 níveis verticais, de 1000 a 10 hPa e, à pressão ao nível do mar. Estas análises possuem resolução horizontal de 2,5 graus (latitude e longitude) e, temporal de 6 horas (00:00, 06:00, 12:00 e 18:00 UTC).

A topografia (Figura 2) e o tipo de cobertura do solo, que fornecem a condição de fronteira inferior sobre o continente, foram obtidos, respectivamente, do *United States Geologycal Survey* (USGS) e do *Global Land Cover Characterization* (GLCC) com 10' de resolução horizontal e, interpolados para a grade do RegCM3. Sobre o oceano, a temperatura da superfície do mar foi obtida pela interpolação da climatologia mensal de Reynolds e Smith (1994) com um grau de resolução horizontal.

As simulações foram realizadas com 50 km de resolução horizontal, 18 níveis sigma na vertical (topo do modelo em 80 hPa) e três camadas no solo. O mapa de relevo apresenta a topografia acentuada dos Andes, o platô central brasileiro e a abrupta topografia ao longo da costa sudeste do Brasil (Serra do mar). Os resultados de verificação são apresentados para todo o estado de São Paulo e para quatro regiões distintas, a noroeste, a nordeste, a sudoeste e a sudeste do estado.

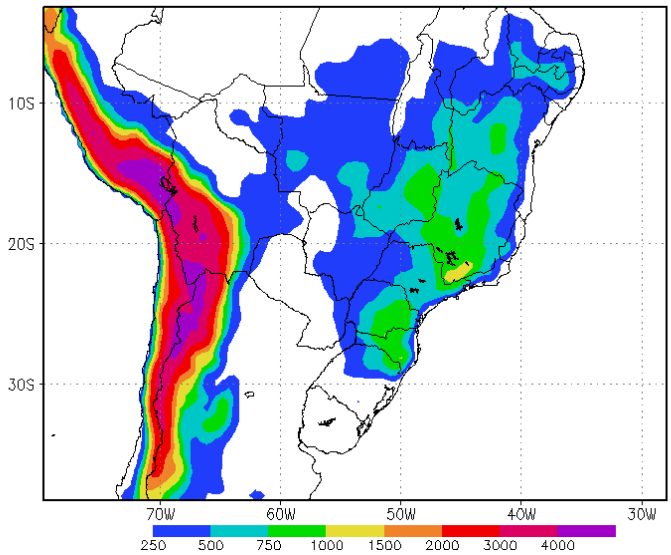

Figura 2. Topografia (m) utilizada nas simulações com o RegCM3.

Nesta avaliação foi considerada apenas a escala mensal das simulações feitas pelo RegCM3. Os valores de precipitação mensal da rede do DAEE foram interpolados para a grade do modelo. Embora tenham sido feitos testes relativos a diferentes cômputos da interpolação dos dados observados (por exemplo, incluindo-se o inverso da distancia entre o valor observado e o ponto de grade, ou alterando-se o valor do raio de influência), optou-se pela média simples com raio de influência igual a 0,5 grau. Tais critérios puderam ser adotados por se tratar de uma rede densa de postos pluviométricos e de uma resolução horizontal relativamente alta da grade do modelo, 50 km. A diminuição do raio limite de 0,5 grau para 0,4 ou 0,3 graus levou, em geral, a diferenças maiores entre observação e simulação, sugerindo a consideração errônea de valores pontuais intensos.

Os resultados da verificação (seção 4) são apresentados para quatro áreas diferentes do estado de São Paulo: a sudoeste, a noroeste, a nordeste e a sudeste do estado. Esta subdivisão foi adotada na tentativa de separação do estado em regiões homogêneas, relativamente aos fatores indutores da precipitação e à sua própria climatologia. A climatologia da precipitação nesta região, durante o verão, é principalmente influenciada pelo deslocamento de sistemas frontais e pela ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), posicionados na direção noroeste-sudeste, e, pela brisa marítima, proveniente do Oceano Atlântico, que atinge principalmente o setor leste do estado. Tais processos dinâmicos determinam uma organização espacial da climatologia da precipitação, separando os aspectos atmosféricos característicos do interior e da faixa leste, do sul e do norte do estado. A topografia acentuada da Serra do Mar é outro fator que contribui para a organização espacial da precipitação, determinando maior volume de chuvas a leste da serra, na vertente Atlântica.

Esta primeira análise evidencia basicamente o aspecto visual do padrão espacial mensal para os dois conjuntos de dados (DAEE e RegCM3) e da série temporal para as quatro regiões definidas, além de ser calculado o coeficiente de correlação (r) para cada caso, tal como indicado a seguir:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_{Mi} - \overline{X}_M)\,(X_{oi} - \overline{X}_O)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(X_{Mi} - \overline{X}_M)^2 \sum_{i=1}^{N}(X_{Oi} - \overline{X}_O)^2}}$$

sendo que a barra superior indica a média climatológica mensal, ou seja,

$$\overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$$

VERIFICAÇÃO DAS SIMULAÇÕES FEITAS PELO RegCM3

A avaliação do padrão espacial obtido com a simulação e pela rede pluviométrica de observações pode ser feita com a Figura 3. É mostrada nesta figura a média temporal (1993-1997) do padrão espacial da precipitação mensal observada (à esquerda) e simulada (à direita) para o Estado de São Paulo. O período de 1993 a 1997 foi selecionado a título de exemplo. Em comparação com os valores observados, verifica-se que o mês de dezembro é o melhor simulado pelo RegCM3, tanto com relação ao padrão espacial como com relação aos valores absolutos. É possível notar a semelhança na orientação NW/SE do padrão espacial da chuva neste mês. Observa-se boa concordância entre o padrão espacial simulado e o observado nos meses de novembro e fevereiro, apesar do valor absoluto ter sido, de forma geral, superestimado em novembro e, subestimado em fevereiro. No mês de janeiro, apesar de serem identificadas diferenças localizadas no padrão espacial, é possível notar que o modelo regional conseguiu representar bem a amplitude do sinal, simulando valores médios próximos do observado.

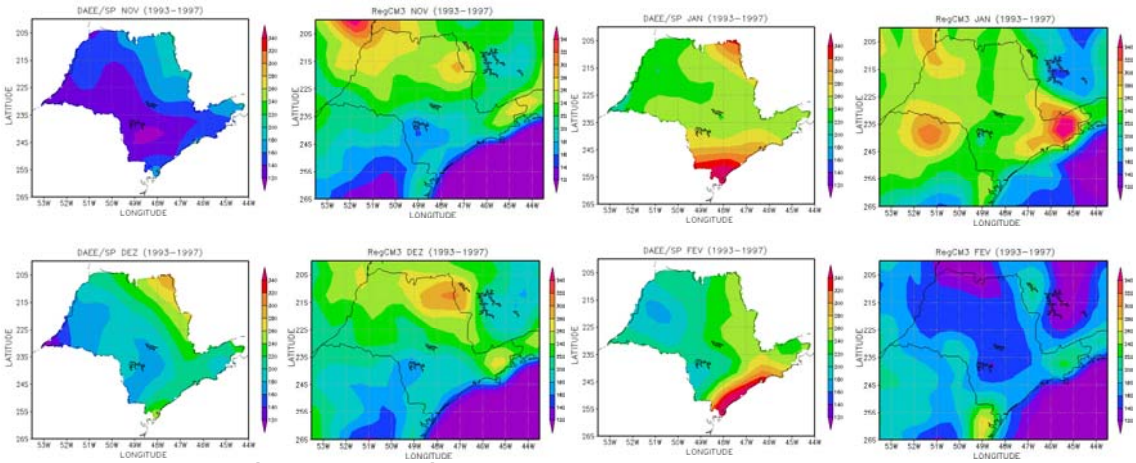

Figura 3. Precipitação média para o período 1993-1998 para novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, representada pelos dados observados do DAEE (esquerda) e simulados pelo RegCM3 (direita).

De forma geral existe boa concordância entre os dados observados e os simulados pelo RegCM3, principalmente nas regiões sudoeste e sudeste do estado, que apresentam, respectivamente, 0,58 e 0,52 de correlação temporal, para toda a série de dados (Figura 4). Apesar das regiões noroeste e nordeste apresentarem correlação menor (Tabela 1), é possível identificar ainda boa concordância entre os

valores observados e simulados. É sabido que o coeficiente de correlação é um parâmetro estatístico que exprime a concordância entre o sinal de duas variáveis e a distância entre suas magnitudes. Por este motivo, a avaliação de valores de precipitação simulada e observada pode estar associada a valores baixos de correlação, sendo, contudo, a precipitação razoavelmente bem prevista. A precipitação é uma variável que bem representa a característica não-linear da atmosfera, principalmente quando se trata de regiões tropicais e subtropicais, evidenciando então sua baixa previsibilidade (Silva *et al*., 2004). Portanto, há que se ter cautela ao se medir a habilidade de modelos em prever a precipitação com base exclusivamente no coeficiente de correlação.

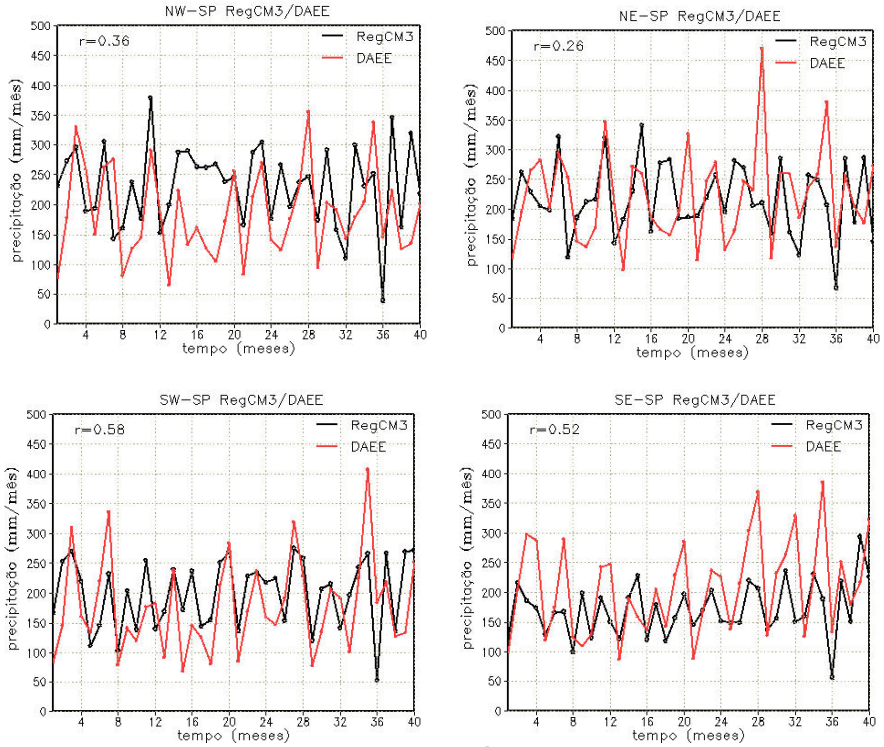

Figura 4. Valores observados e simulados para toda a série, para as quatro sub-regiões definidas (NW, NE, SW e SE).

Tabela 1. Coeficiente de correlação entre os valores mensais observados (DAEE) e simulados (RegCM3), para as quatro regiões do Estado de SP.

NW	NE	SW	SE
0,36	0,26	0,58	0,52

O coeficiente de correlação temporal e o erro absoluto entre os valores simulados pelo RegCM3 e os observados pela rede do DAEE foram calculados para as quatro sub-regiões do Estado de São Paulo: NW, NE, SW e SE. A comparação entre os valores simulados e os observados para todo o período (Figura 4) e para cada mês separadamente (Figuras 5 a 8) evidencia os períodos e as sub-regiões onde a previsibilidade da precipitação mensal é maior. Note que os cálculos foram efetuados somente para os meses pertencentes ao período chuvoso da região: novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Apesar do coeficiente de correlação temporal para toda a série, incluindo todos os meses, não apresentar valores elevados, nota-se uma boa concordância entre o sinal e a escala de variação dos dados, principalmente para as regiões sudoeste (r = 0,58) e sudeste (r = 0,52).

Mesmo para as regiões NW e NE do estado, verifica-se que as séries observadas e simuladas apresentam boa concordância, principalmente para os verões 87-88, 88-89, 89-90, 93-94, 94-95, 95-96, 97-98, ou seja, o período entre 1991 e 1993 é o que apresenta menor correlação, aparentemente negativa.

O cálculo da correlação para cada mês separadamente permite identificar a existência de maior habilidade do modelo em simular a precipitação para meses específicos. É possível verificar pela Tabela 2 que as regiões SW e SE apresentam os maiores coeficientes de correlação e que o mês de fevereiro é o melhor simulado pelo RegCM3. (As cores em tons de amarelo indicam diferentes níveis de correlação.) Entretanto, pelos valores indicados nas Figuras 5 a 8, observa-se que a diferença entre os valores simulados e observados não é grande. Apesar da região norte apresentar coeficientes de correlação mais baixos em comparação à região sul, apresenta erros sistemáticos comparáveis, tal como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficiente de correlação (r) para cada mês, em cada sub-região. As cores amarelo-claro, amarelo e laranja indicam, respectivamente, coeficientes de correlação entre 0,4 e 0,5, 0,5 e 0,7 e superiores a 0,7.

Meses / Sub-região	NOV	DEZ	JAN	FEV
NW	0,34	0,29	0,30	0,59
NE	0,023	0,32	0,27	0,46
SW	0,74	0,42	0,44	0,68
SE	0,84	0,31	0,56	0,72

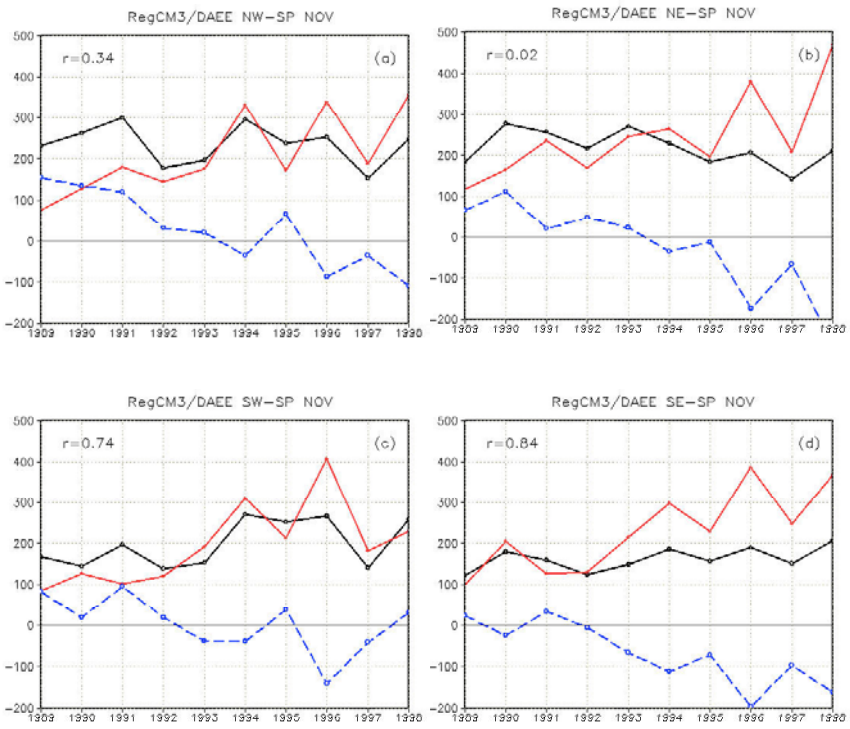

Figura 5. Valores observados e simulados para o mês de novembro, para as quatro sub-regiões definidas: (a) NW, (b) NE, (c) SW e (d) SE. A curva preta indica os valores simulados, a vermelha, os observados, e a curva tracejada azul, a diferença entre os valores simulados e observados.

As simulações realizadas para os meses de novembro e janeiro mostram uma tendência ao aumento da subestimativa para todo o estado, no decorrer do período analisado, o que é mostrado nas Figuras 5 a 8 pela diferença entre os valores simulados e observados. Tal aspecto não é observado nos meses de dezembro e fevereiro, os quais não apresentam

tendência evidente de aumento ou diminuição do erro. Observa-se um comportamento distinto entre a primeira e a segunda metade da série analisada. Entre os anos de 1987 e 1993 (primeira metade do conjunto dos dados), observou-se que as simulações para os meses de novembro e janeiro foram sempre superestimadas em relação às observações; entre 1993 e 1997, estes valores foram, em geral, subestimados pelo RegCM3.

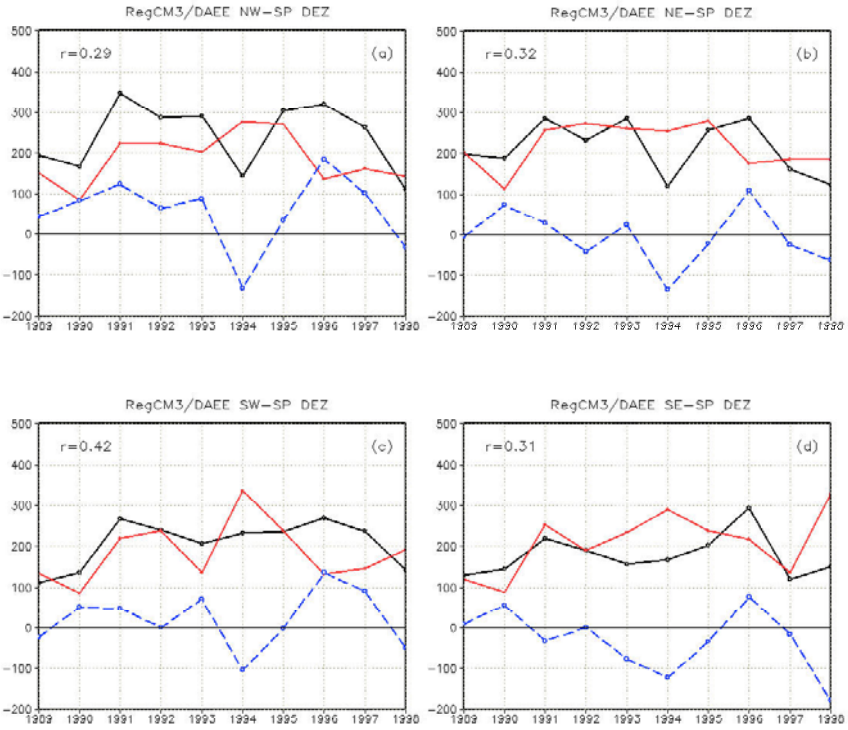

Figura 6. Idem à Figura 5, mas para dezembro.

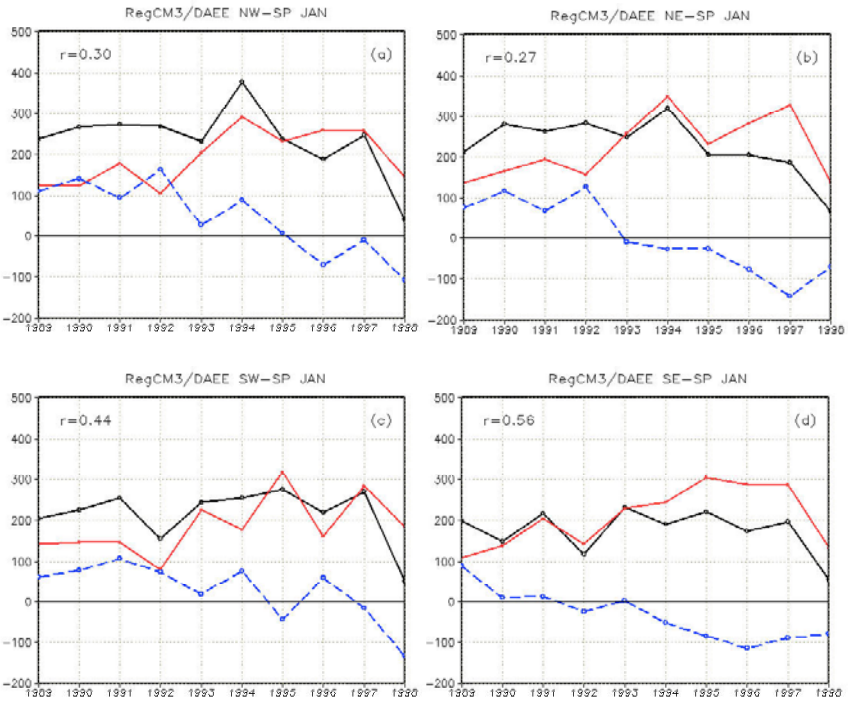

Figura 7. Idem à Figura 5, mas para janeiro.

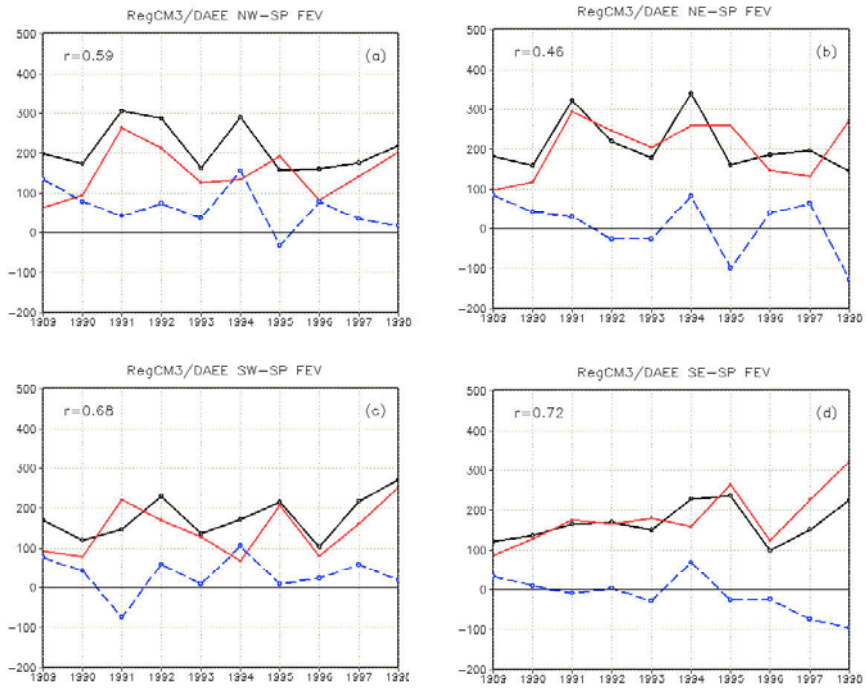

Figura 8. Idem à Figura 5, mas para fevereiro.

CONCLUSÕES

Verificou-se que as simulações realizadas com o RegCM3 para o período de 1988 a 1997 apresentam, de forma geral, boa concordância com os dados de precipitação observados pela rede do DAEE. Espacialmente, a região sul e leste do estado parecem apresentar os menores erros para o período completo, enquanto que os setores oeste e norte do estado, as maiores diferenças entre os valores simulados e os observados.

Numa análise temporal, o mês de fevereiro foi o que apresentou os menores erros e novembro, os maiores. Embora estes resultados não sejam conclusivos, principalmente por se tratar de uma série pequena de dados que proveja confiabilidade às análises estatísticas, os resultados sugerem que as simulações climáticas realizadas pelo RegCM3 contemplam bem a variabilidade espacial e temporal da precipitação observada. O erro absoluto e o erro médio quadrático são dois outros índices que devem aprimorar a análise da verificação das simulações.

Verificações futuras que ampliem a análise de verificação dos resultados de simulação obtidos pelo RegCM3 podem ser realizadas com os dados do *Climate Research Unit* (CRU) da Universidade de *East Anglia* (New *et al*., 2000), uma vez que têm sido extensivamente utilizados para verificação de climatologias regionais em várias regiões do globo devido à sua alta resolução horizontal (0,5 grau) (Vidale *et al*. 2003, Seth e Rojas 2003, Martinez *et al*., 2005).

REFERÊNCIAS

Anthes, E.-Y. Hsie, and Y.-F. Li, 1987: Description of the Penn State/NCAR mesoscale model version 4 (MM4). NCAR Tech. Note NCAR/TN-282+STR, 66 pp.

Betts, A.K., and M.J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, and arctic air-mass data sets. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 112, 693-709.

Dickinson, R. E.; Henderson-Sellers, A.; Kennedy, P. J.; Wilson, M. F., 1993. Biosphere-Atmosphere-Transfer Scheme (BATS) for the NCAR Community Climate Model, 72 p. NCAR Tech. Note NCAR/TN 387+STR.

Giorgi, F., M.R. Marinucci, and G.T. Bates, 1993: Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. Mon. Wea. Rev., 121, 2814-2832.

Grell, G.A., 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. Mon. Wea. Rev., 121, 764-787.

Holtslag, A.A.M., E.I.F. de Bruijn, and H. -L. Pan, A high-resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting, Mon. Wea. Rev., 118, 1561-1575, 1990.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K.C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, A. Leetmaa, R. Reynolds, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471.

Kiehl, J. T., Gent, P. R., Bonan, G. B. et al., 1996, Description of the NCAR Community Climate Model (CCM3), NCAR Tech. Note NCAR/TN-420 + STR, 1-152.

New, M. G., M. Hulme e P. D. Jones, 2000: Representing 20th century space-time climate variability. II: Development of 1901-1996 monthly terrestrial climate fields. J. Climate. 13 2217-2238 (Climate Impacts LINK Project at CRU, UEA DETR Contract Nos EPG 1/1/128)

Reynolds, R.W. e T. M. Smith, 1994, "Improved global sea surface temperature analyses.," J. Climate7, 929--948.

Silva, M.E.S., M.A.F. Silva Dias e T.M.B. Xavier, 2004. Previsibilidade da precipitação em regiões áridas e úmidas. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, Ceará, Meteorologia e o desenvolvimento sustentável, 2004, v.1, p. 1-10.

Silva, M.E.S., S.H. Franchito e V.B. Rao, 2005. Simulação da variação sazonal d clima com um modelo acoplado biosfera-atmosfera com hidrologia de solo. Rev. Bras. de Meteor., v. 20, n. 2.

Seth A. e M. Rojas, 2003. Simulation and sensitivity in a nested model system for South America. Part I: Reanalysis boundary forcing. J. Climate, 16, 2437-2453.

Vidale P.L., D. Lüthi, Frei C., Seneviratne S. e C. Schär, 2003: Predictability and uncertainty in a regional climate model, 2003: J. Geophys. Res., 108(D18), 4586, doi: 10.1029/2002JD002810.